

สมบัติของไบโอชาร์ที่ผลิตจากเศษข้าวโพด และศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

รัตถพล อ่างมณี¹ กัญจน์นรี ช่วงฉ่ำ^{2*} อรรณพ หอมจันทร์²

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้คือการศึกษาสมบัติของไบโอชาร์ที่ผลิตจากเศษข้าวโพด และศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ไบโอชาร์ที่ในการศึกษาได้จากการใช้เตาผลิตแบบแอนดริว โดยใช้เศษข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นวัตถุดิบในการผลิต สมบัติของไบโอชาร์ที่ศึกษาได้แก่ สัณฐานของพื้นผิวด้วยการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ขนาดของช่องว่าง และพื้นที่ผิว ปริมาณธาตุองค์ประกอบด้วยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรืองแสงรังสีเอกซ์ การวิเคราะห์หองค์ประกอบสาร และโครงสร้างโครงผลึก ใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ ค่าความเป็นกรดต่าง และค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณคาร์บอน, ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ปริมาณ โพแทสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียม, โซเดียม และฟอสฟอรัส ผลการศึกษาพบว่าไบโอชาร์ มีลักษณะพื้นผิวที่มีความพรุนสูง มีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ $93.36 \text{ m}^2/\text{g}$ มีขนาดช่องว่างเฉลี่ย $30.24 \text{ \AA}$ เปอร์เซ็นต์ของแร่ออกไซด์ต่อน้ำหนักของไบโอชาร์ ส่วนใหญ่เป็น ซิลิกา ประมาณ 30.4 เปอร์เซ็นต์ ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของไบโอชาร์พบว่ามีความเป็นกรดต่าง 7.76 ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 46.06 cmol/kg จัดว่ามีค่าสูงมาก มีปริมาณโซเดียมทั้งหมด 240 mg/kg ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด $23,323 \text{ mg/kg}$ ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด $1,407 \text{ mg/kg}$ และ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด 990 mg/kg ปริมาณฟอสฟอรัสนำไปใช้ได้ 421.22 mg/kg มีปริมาณคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ 52.77 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 1.09 เปอร์เซ็นต์ และ ปริมาณซัลเฟอร์ 0.049 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน 48.41 จากผลการวิเคราะห์นี้ทำให้ทราบว่าไบโอชาร์มีสมบัติที่เหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินทั้งการเพิ่มค่าการดูดซึมน้ำ การแลกเปลี่ยนประจุบวกเพื่อยึดธาตุอาหาร และการเพิ่มธาตุอาหารในดินโดยตรง

คำสำคัญ : ไบโอชาร์, วัสดุปรับปรุงดิน, เศษข้าวโพด

¹ นิสิตปริญญาเอก หลักสูตรวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพื้นพิภพ ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

² ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

* ผู้นิพนธ์หลัก e-mail: udomporn_ch@yahoo.com

Properties of Corn Waste Biochar and Potential for Soil Improvement

Rattachon Angmanee^{1*} Kannaree Chuangcham² Unnop Homchan²

Abstract

The aim of this research was to study the properties of corn waste biochar and potential use as a soil improvement. In this study, biochar was obtained by Anila Stove. Physical properties of biochar studied including, surface morphology by scanning electron microscope(SEM) , specific surface area and pore size, elemental contained by X- Ray Fluorescence (XRF), substance element analysis and crystal structure by X-Ray Diffraction (XRD). Chemical properties of biochar studied including pH, Electrical conductivity(EC), cation exchange capacity(CEC) , Carbon, Nitrogen, Sulfur, Potassium, Calcium, Magnesium, Sodium, Phosphorus and C/N Ratio. The analysis of the biochar physical properties revealed that height of specific surface area was 93.36 m²/g and pore size about 30.24 Å and contained 30.4% of silica oxide. The analysis of the biochar chemical properties revealed that 7.76 of pH, 46.06 cmol/kg of CEC, 240 mg/kg of Sodium, 23,323 mg/kg of Potassium, 1,407 mg/kg of Magnesium, 990 mg/kg of Calcium, 421.22 mg/kg of available Phosphorus 52.77% of Carbon contained, 1.09% of Nitrogen, 0.049% of Sulfur and 48.41 of C/N ratio. From the experiment, it was convinced that physical and chemical properties of biochar are more suitable for soil amendment due to height of specific surface area and pore which are increase water holding capacity, height of CEC which are increase nutrients holding and adding Sodium, Potassium, Phosphorus to soil directly.

Keywords: Biochar, Soil Amendment, Corn Waste

¹ Doctoral Student at Earth Science and Technology Program, Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kasetsart University

² Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Kasetsart University

* Corresponding author, e-mail: udomporn_ch@yahoo.com

บทนำ

ปัจจุบันโลกกำลังประสบกับวิกฤตการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ความมั่นคงทางด้านอาหาร และความต้องการด้านพลังงาน ซึ่งทั้งหมดเป็นประเด็นที่มีความเกี่ยวข้องอย่างยิ่งกับการจัดการทรัพยากรดิน ในปัจจุบันนักวิจัยหลายประเทศทั่วโลกพบว่าเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาดังกล่าวไปพร้อมๆ กันคือ เทคโนโลยีไบโอชาร์ (Lehmann, 2006) ไบโอชาร์เป็นวัสดุที่ผลิตจากชีวมวลผ่านกระบวนการไพโรไลซิสหรือกระบวนการให้ความร้อนโดยปราศจากออกซิเจน ผลผลิตจากกระบวนการดังกล่าวนี้จะได้วัสดุที่อุดมไปด้วยคาร์บอนที่ไม่ย่อยสลายตามธรรมชาติโดยง่าย การประยุกต์ใช้ไบโอชาร์เพื่อปรับปรุงดินจึงเป็นหัวข้อที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวางในแง่ของการนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (Lehmann, Gaunt, & Rondon, 2006) รายงานการศึกษามากมายได้รายงานประโยชน์ของไบโอชาร์ในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตทางด้านเกษตรกรรม (Glaser, Haumaier, Guggenberger, & Zech, 2001) ดังจะเห็นได้จากคุณสมบัติของไบโอชาร์ที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ได้แก่ มีพื้นที่ผิวและความพรุนสูง ทำให้สามารถดูดซับน้ำที่เป็นประโยชน์แก่พืช (Eykelbosh, Johnson, de Queiroz, Dalmagro, & Couto, 2014; Ulyett, Sakrabani, Kibblewhite, & Hann, 2014; Yao et al., 2012) มีค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกที่สูง (Borchard et al., 2012; Liang et al., 2006; Morales, Comerford, Guerrini, Falcao, & Reeves, 2013; Zhao, Li, Kong, & Lin, 2014) มีค่าความเป็นกรดต่างที่สูง ทำให้สามารถใช้เป็นวัสดุเพื่อเพิ่มค่าความเป็นกรดต่างของดินได้ (Houben, Evrard, & Sonnet, 2013; Li et al., 2013; Ohsowski, Klironomos, Dunfield, & Hart, 2012) มีค่าความหนาแน่นรวมต่ำ (Abel et al., 2013; Asai et al., 2009; Cao & Harris, 2010)

นอกจากนี้ไบโอชาร์ยังได้รับความสนใจในแง่ของความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นเครื่องมือเพื่อจัดการปัญหาการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโดยการใช้เป็นเครื่องมือกักเก็บคาร์บอนลงสู่ดิน โดยเฉพาะดินในภาคเกษตรกรรม ประเทศไทยจึงเป็นประเทศที่มีศักยภาพประเทศหนึ่งเนื่องจากมีผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิด เช่น ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา ปาล์ม และข้าวโพด การเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตรเหล่านี้ มีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรหรือชีวมวลจำนวนมาก เช่น ฟางข้าว แกลบ เศษไม้ยางพารา เถ้าน้ำมันสำปะหลัง กากอ้อย และ เศษข้าวโพด เศษข้าวโพดเป็นวัสดุที่มีปริมาณเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรเกี่ยวกับข้าวโพดมากเป็นลำดับต้นๆ ของประเทศไทย ดังจะเห็นได้จากปริมาณเศษข้าวโพดเหลือทิ้ง 1.7 ล้านตันในปี พ.ศ. 2558 บางส่วนของเศษเหลือทิ้งเหล่านี้จะถูกนำมาใช้ประโยชน์เช่น เเผาเป็นถ่านอัดแท่ง ผสมอาหารสัตว์ และทำปุ๋ย และในบางพื้นที่จะเผาซึ่งข้าวโพดทิ้ง ส่วนลำต้นข้าวโพดจะถูกทิ้งอยู่ในไร่ให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ ทำให้เกิดปัญหาการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์กลับสู่บรรยากาศ ตลอดจนบางกระบวนการในการกำจัดเป็นการทำลายความอุดมสมบูรณ์ของดิน เช่น การเผา ดังนั้น การเปลี่ยนเศษข้าวโพดเหลือทิ้งเป็นไบโอชาร์จึงเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่เป็นการจัดการของเสียอย่างมีประสิทธิภาพ และยังได้วัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามงานวิจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนเศษเหลือทิ้งของข้าวโพดเป็นไบโอชาร์ในประเทศไทยยังมีอยู่ไม่มาก ตลอดจนคำอธิบายถึงกลไกต่างของไบโอชาร์ยังไม่ชัดเจน งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของไบโอชาร์จากเศษข้าวโพดเพื่อนำผลที่ได้ศึกษาถึงศักยภาพของไบโอชาร์จากเศษข้าวโพดเพื่อใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงดินต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของไบโอชาร์จากเศษข้าวโพด
2. เพื่อศึกษาศักยภาพของไบโอชาร์จากเศษข้าวโพดเพื่อใช้ในการปรับปรุงดิน

วิธีดำเนินการวิจัย

การเตรียมวัตถุดิบเพื่อผลิตไบโอชาร์

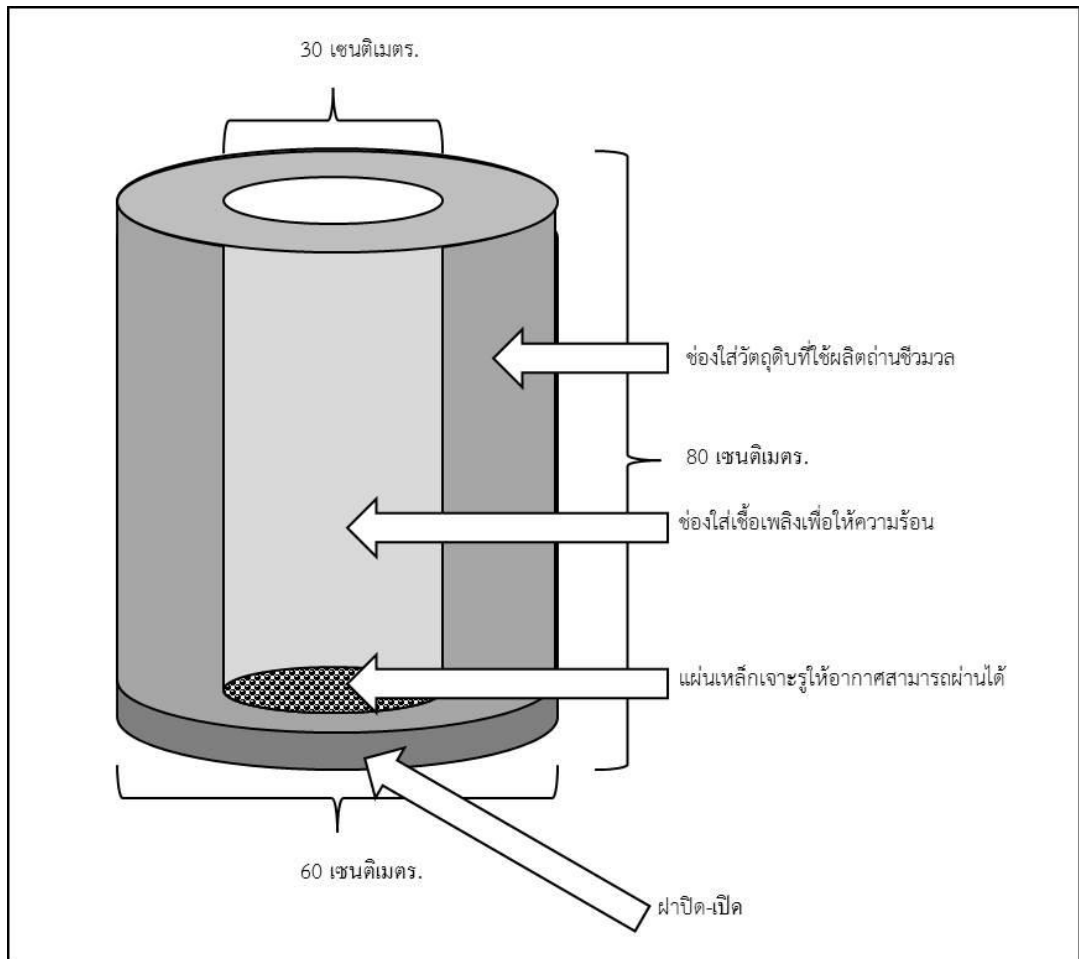
วัตถุดิบที่ใช้ผลิตไบโอชาร์ในการศึกษาครั้งนี้คือเศษวัสดุที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (*Zea mays in durata*) ประกอบด้วยชิ้นส่วนของชิ้นส่วนของ ลำต้น ใบ และเปลือกของฝักข้าวโพด โดยจะถูกนำย่อยด้วยการป่นด้วยเครื่องสับเพื่อเป็นการลดขนาดของวัตถุดิบในกระบวนการผลิตส่วกในการบรรจุเตาเผาข้าวโพดที่ผ่านกระบวนการสับป่นจะเข้าสู่กระบวนการทำให้แห้งเพื่อไล่ความชื้นด้วยการนำมาตากแดดบนตะแกรง

การผลิตไบโอชาร์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไบโอชาร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นการออกแบบด้วยเตาแบบแอนนิลา (Annala Stove) โดยเตาชนิดนี้ออกแบบและคิดค้นโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวศรีลังกา อุปกรณ์นี้มีแกนเผาไหม้อยู่ด้านในและมีห้องบรรจุวัตถุดิบอยู่ภายนอก ด้านล่างของแกนเผาไหม้มีช่องให้อากาศสามารถผ่าน เมื่อให้ความร้อนแก่แกนเผาไหม้ด้วยเชื้อเพลิงจนแกนเผาไหม้ร้อน และส่งผลให้อุณหภูมิในส่วนที่บรรจุวัตถุดิบมีอุณหภูมิสูงขึ้น เมื่ออุณหภูมิสูงเกิน 400 องศาเซลเซียส สารโวลไฟจะหลุดออกมาจนกลายเป็นสารประกอบหลายชนิดและขยายตัวจนเกิดความดันไอลงออกจากห้องวัตถุดิบผ่านเข้ามาทางด้านล่างของแกนเผาไหม้ และเกิดการสันดาปในแกนเผาไหม้ร่วมกับเชื้อเพลิงที่ใช้ตั้งต้น ทำให้อุณหภูมิในแกนเผาไหม้ยิ่งสูงขึ้น เป็นวัฏจักรต่อเนื่องจนสารโวลไฟที่อยู่ในวัตถุดิบหมดลง และได้ผลผลิตสุดท้ายเป็นไบโอชาร์ โดยกระบวนการดังกล่าวใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 2 – 2.5 ชั่วโมง

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมีของไบโอชาร์

สัณฐานของพื้นผิวของไบโอชาร์ศึกษาด้วยการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy (SEM)) ยี่ห้อ Hitachi รุ่น S-4100 FE-SEM พื้นผิวจำเพาะ และขนาดของช่องว่าง วิเคราะห์ด้วยการดูดซับของไนโตรเจน และตรวจวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์พื้นที่ผิวและช่องว่าง Quantachrome รุ่น Autosorb-1C การวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในไบโอชาร์ใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเรืองแสงรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence (XRF)) ด้วยเครื่อง Bruker AXS, Germany Model : S4 Pioneer Wavelength dispersive X-Ray Fluorescence (WDXRF) Spectrometry การวิเคราะห์องค์ประกอบสาร และโครงสร้างโครงผลึก ใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-Ray Diffraction (XRD)) ด้วยเครื่อง X-Ray Diffractometer Model D8 Advance: Bruker Analytical X-ray System (AXS) GmbH ค่าความเป็นกรดต่าง และค่าการนำไฟฟ้าใช้การตรวจวัดด้วยเครื่อง Satorius model DOCU-pH+ pH-meter ปริมาณคาร์บอน, ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ ใช้การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Elemental analyzer LECO CHNS-932 and VTF-900 ปริมาณ โพแทสเซียม, แคลเซียม, แมกนีเซียม, โซเดียม และฟอสฟอรัส ใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectroscopy (AAS)) ด้วยเครื่อง Perkin-Elmer AAnalyst 800



ภาพที่ 1 แบบอุปกรณ์ผลิตไบโอชาร์

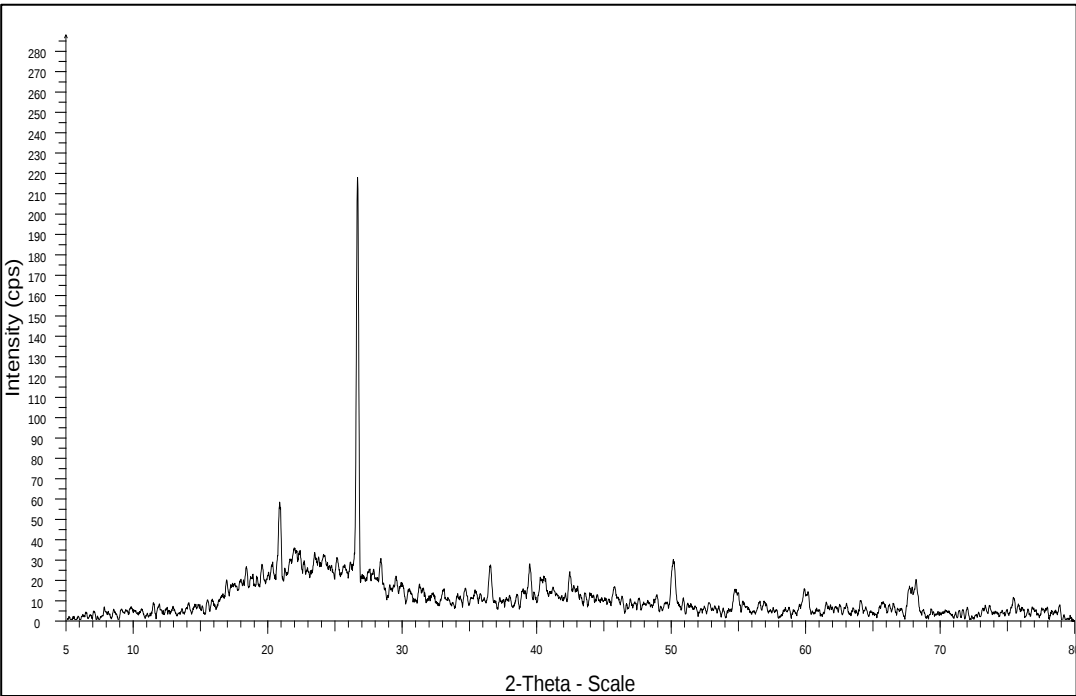
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

สมบัติทางกายภาพของไบโอชาร์

การวิเคราะห์แร่ประกอบในไบโอชาร์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ จัดทำโดยนำตัวอย่างไบโอชาร์มาบดให้ละเอียดเป็นผง แล้วนำมาวิเคราะห์ ผลการศึกษาพบว่า แร่ประกอบในไบโอชาร์ได้แก่ แร่ควอร์ตซ์ (Quartz : SiO_2) แร่ซิลไวท์ (KCl) แร่เกอไทต์ (Goethite : $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) และ แร่แอลไบต์ (Albite: $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$)

ผลการวิเคราะห์แร่องค์ประกอบในไบโอชาร์ด้วยเทคนิคการเรืองแสงรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence) ซึ่งรายงานผลเฉพาะเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแร่ในรูปออกไซด์ของไบโอชาร์ ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 1 จากการวิเคราะห์พบว่าประกอบด้วย ซิลิกา (SiO_2) ประมาณ 30.4 เปอร์เซ็นต์ อะลูมินา (Al_2O_3) มีประมาณ 1.54 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ประมาณ 4.44 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) มีประมาณ 1.18 เปอร์เซ็นต์ เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) มีประมาณ 2.20 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) มีประมาณ 4.26 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) มีประมาณ 0.14 เปอร์เซ็นต์ ทังสเตนไตรออกไซด์ (WO_3)

มีประมาณ 0.56 เปอร์เซ็นต์ และ ไทเทเนียมออกไซด์ (TiO₂) มีประมาณ 0.25 เปอร์เซ็นต์ คลอไรด์ (Cl) มีประมาณ 1.18 เปอร์เซ็นต์ และ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (0.45) มีประมาณ 0.45 เปอร์เซ็นต์



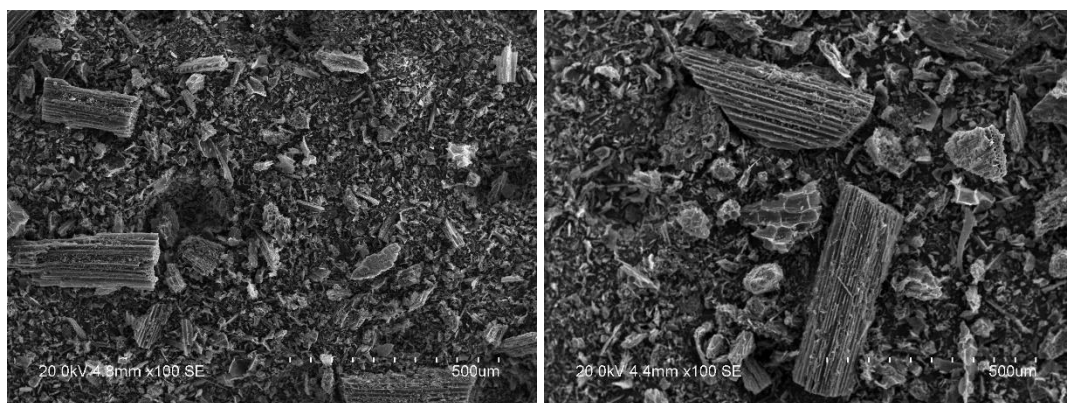
ภาพที่ 2 การวิเคราะห์ชนิดแร่ในตัวอย่างไบโอชาร์ ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction)

ตารางที่ 1 องค์ประกอบแร่ออกไซด์ในถ่านชีวมวลจากเทคนิคการเรืองแสงรังสีเอกซ์ (X-Ray Fluorescence)

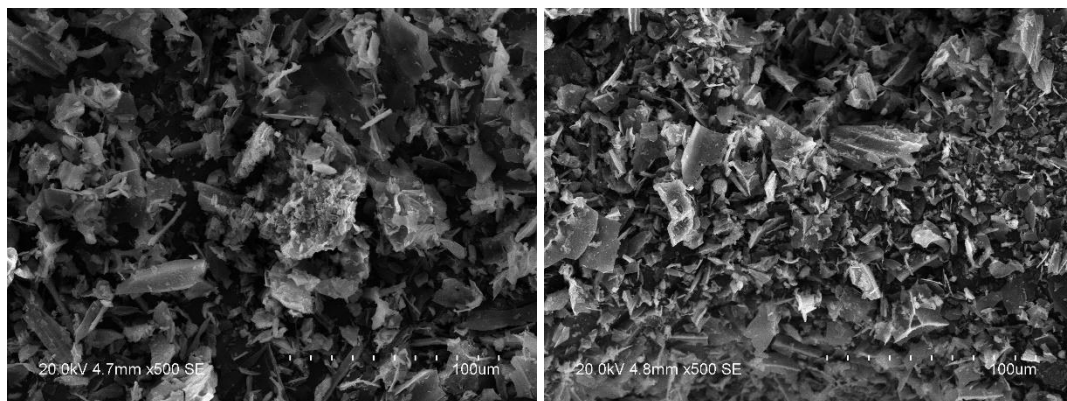
แร่ประกอบออกไซด์	ปริมาณองค์ประกอบแร่ออกไซด์ (% โดยน้ำหนัก)
SiO ₂	30.40
CaO	4.44
K ₂ O	4.26
Fe ₂ O ₃	2.20
Al ₂ O ₃	1.54
MgO	1.18
Cl	1.18
P ₂ O ₅	0.80
WO ₃	0.56
SO ₃	0.45
TiO ₂	0.25
Na ₂ O	0.14

การวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวทางกายภาพของไบโอชาร์ การวิจัยครั้งนี้ได้ใช้สองเทคนิคคือ ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง (SEM) และ ส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM Plus EDX) โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่ง ใช้วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของวัสดุ ขนาด และรูปร่างต่างๆ เมื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Spectrometer; EDS or EDX) จะช่วยในการศึกษา ชนิด ปริมาณ และการกระจายขององค์ประกอบธาตุของวัสดุหรือสารมลทินได้ การวิเคราะห์ SEM และ SEM/EDX ของตัวอย่างไบโอชาร์ ได้วิเคราะห์แยกกัน โดยถ่ายภาพด้วยเครื่อง SEM อย่างเดียว ทำให้ได้ภาพคมชัดมองเห็นลักษณะผิวแร่ชัดเจน และทำการวิเคราะห์เครื่อง SEM/EDX อีกครั้ง ทำให้ทราบปริมาณของธาตุแต่ละชนิด ผลการวิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของไบโอชาร์ ด้วยเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิ่งแสดงในภาพที่ 3 ถึง ภาพที่ 5 พบว่า ไบโอชาร์มีลักษณะช่องว่างกึ่งกลมกึ่งรี ขนาดของช่องว่างไม่สม่ำเสมอ แต่มีความพรุนตัวสูง ขนาดของช่องว่างมีขนาดตั้งแต่ 20 ถึง 110 ไมโครเมตร หนาประมาณ 3 ถึง 4 ไมโครเมตร จัดเป็นช่องว่างขนาดเล็ก (micro pore : < 2 nm) โดยมีขนาดช่องว่างอยู่ระหว่าง 0.02 nm - 0.11 nm คุณสมบัติความพรุนของไบโอชาร์ทำให้มีความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเนื่องจากช่องว่างในพื้นผิวจะเป็นที่ยึดเหนี่ยวน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชตลอดจนธาตุอาหารต่างๆ

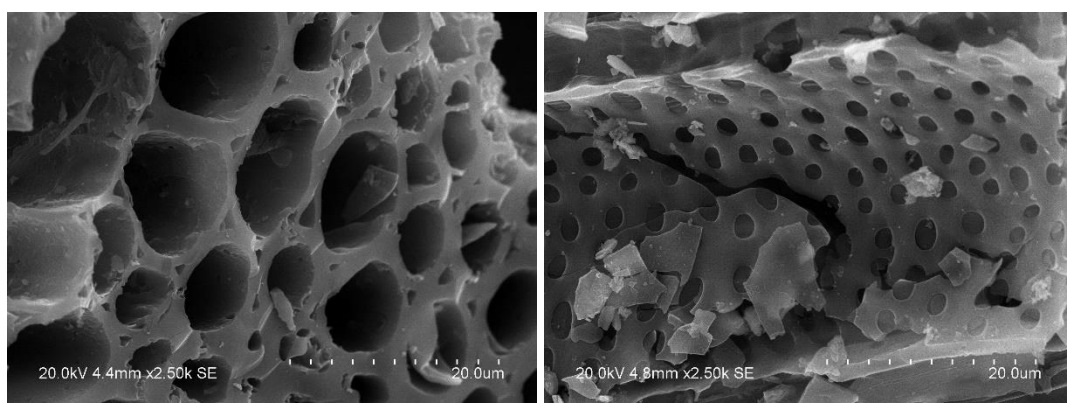
ผลการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค SEM/EDX ดังแสดงในตารางที่ 2 และ ภาพที่ 6 พบว่า เมื่อพิจารณา EDX spectrum ของไบโอชาร์ พบว่า ธาตุหลักที่มีปริมาณมากที่สุด คือ คาร์บอน มีปริมาณ 77.23 เปอร์เซ็นต์ ส่วนธาตุอื่นๆได้แก่ ออกซิเจน มีปริมาณ 15.95 เปอร์เซ็นต์ โปแตสเซียม มีปริมาณ 2.77 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม มีปริมาณ 0.29 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม มีปริมาณ 0.71 เปอร์เซ็นต์ อะลูมินา มีปริมาณ 0.15 เปอร์เซ็นต์ ซิลิกอน มีปริมาณ 1.18 เปอร์เซ็นต์ คลอไรด์ มีปริมาณ 1.31 เปอร์เซ็นต์ ซัลเฟอร์ มีปริมาณ 0.12 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส มีปริมาณ 0.29 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 3 ภาพถ่ายพื้นผิวของไบโอชาร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 100 เท่า



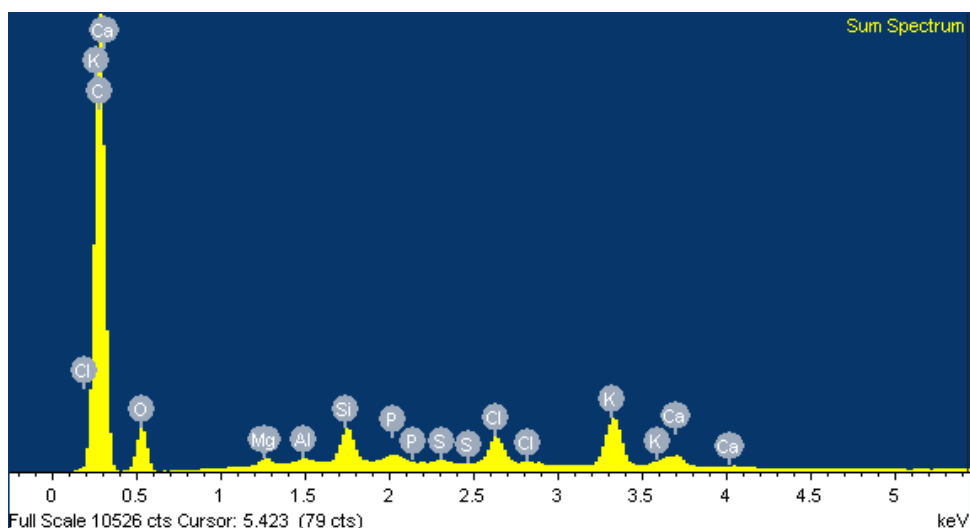
ภาพที่ 4 ภาพถ่ายพื้นผิวของไบโอชาร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 500 เท่า



ภาพที่ 5 ภาพถ่ายพื้นผิวของไบโอชาร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนกำลังขยาย 2,500 เท่า

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบด้วยเทคนิค SEM/EDX

ธาตุ	C	O	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	รวม
น้ำหนัก (%)	77.23	15.95	0.29	0.15	1.18	0.29	0.12	1.31	2.77	0.71	100
Atomic%	84.33	13.07	0.16	0.07	0.55	0.12	0.05	0.48	0.93	0.23	



ภาพที่ 6 EDX spectrum ของไบโอชาร์

ผลวิเคราะห์พื้นที่ผิวจำเพาะ (Specific Surface Area) พบว่า ไบโอชาร์มีพื้นที่ผิวจำเพาะ $93.36 \text{ m}^2/\text{g}$ มีขนาดช่องว่างเฉลี่ย (Average Pore Size) $30.24 \text{ \AA}$ และมีผลรวมทั้งหมดของช่องว่าง (Total Pore Volume) $7.05 \times 10^{-2} \text{ mL/g}$

สมบัติทางเคมีของไบโอชาร์

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของไบโอชาร์แสดงดังตารางที่ 4 สามารถสรุปได้ดังนี้ ไบโอชาร์มีค่าความเป็นกรดต่าง 7.76 จัดว่าเป็นด่างเล็กน้อย มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 46.06 cmol/kg จัดว่ามีค่าสูงมาก มีปริมาณโซเดียมทั้งหมด 240 mg/kg ปริมาณโปแทสเซียมทั้งหมด $23,323 \text{ mg/kg}$ ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด $1,407 \text{ mg/kg}$ และ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด 990 mg/kg มีปริมาณคาร์บอนเป็นส่วนประกอบ 52.77 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณไนโตรเจน 1.09 เปอร์เซ็นต์ และ ปริมาณซัลเฟอร์ 0.049 เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) 48.41

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีของไบโอชาร์

พารามิเตอร์	ไบโอชาร์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	7.76
ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol/kg)	46.06
ปริมาณโปแทสเซียมทั้งหมด (mg/kg)	23,328
ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด (mg/kg)	990
ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด (mg/kg)	1,407
ปริมาณโซเดียมทั้งหมด (mg/kg)	240
ปริมาณฟอสฟอรัสที่นำไปใช้ได้ (mg/kg)	421.22
ปริมาณคาร์บอน (%)	52.77
ปริมาณไนโตรเจน (%)	1.09
ปริมาณซัลเฟอร์ (%)	0.049
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	48.41

สรุป

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีพบว่า ไบโอชาร์มีพื้นที่ผิว และรูพรุนสูงมาก (93.36 ตารางเมตร/กรัม) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่สามารถเพิ่มการดูดซึมน้ำในดินเพื่อเพิ่มความชุ่มชื้นในดินได้ สมบัติทางเคมีของไบโอชาร์ยังมีศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้เป็นอย่างดีเนื่องจาก มีค่าความเป็นกรดต่าง 7.76 ซึ่งสามารถนำไปใช้ปรับค่าความเป็นกรดต่างกับดินที่มีความเป็นกรดเล็กน้อยได้ มีค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง (46.06 cmol/kg) สามารถเพิ่มการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินเพื่อเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารเพิ่มประสิทธิภาพเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีค่าโปแทสเซียมที่ใช้ได้ที่พืชสามารถนำมาใช้ได้โดยตรงสูง (23,328 mg/kg) ปริมาณฟอสฟอรัสที่นำไปใช้ได้ (421.22 mg/kg) นอกจากนั้นยังมีปริมาณคาร์บอนสูง (52.77%) สามารถเพิ่มปริมาณคาร์บอนและอินทรีย์วัตถุในดินได้ ดังนั้นผลการศึกษานี้สามารถสรุปได้ว่าไบโอชาร์เป็นวัสดุที่มีศักยภาพในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินที่ไม่สามารถกักเก็บน้ำ และมีธาตุอาหารตลอดจนค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ เช่นดินทรายจัด หรือดินเสื่อมโทรมอื่นๆ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมีของไบโอชาร์และได้ข้อสรุปว่ามีสมบัติที่เหมาะสมในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินนั้น การดำเนินการศึกษาเรื่องนี้ในลำดับต่อไปควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ไบโอชาร์เพื่อปรับปรุงสมบัติของดินชนิดต่างๆ ตลอดจนควรมีการศึกษาสมบัติของดินที่ปรับปรุงว่ามีผลต่อการนำมาใช้เพิ่มผลผลิตกับพืชทางการเกษตรต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์ทุนจากศูนย์วิทยาการขั้นสูงด้านทรัพยากรธรรมชาติ เขตไร่ และสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณห้องปฏิบัติการดินและน้ำ ภาควิชาวิทยาศาสตร์พื้นพิภพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ และสถานที่เพื่อใช้ในการศึกษา ตลอดจนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตลพบุรีที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- Abel, S., Peters, A., Trinks, S., Schonsky, H., Facklam, M., & Wessolek, G. (2013). Impact of biochar and hydrochar addition on water retention and water repellency of sandy soil. *Geoderma*, 202, 183-191.
- Asai, H., Samson, B. K., Stephan, H. M., Songyikhangsuthor, K., Homma, K., Kiyono, Y., . . . Horie, T. (2009). Biochar amendment techniques for upland rice production in Northern Laos: 1. Soil physical properties, leaf SPAD and grain yield. *Field Crops Research*, 111(1–2), 81-84.
- Borchard, N., Wolf, A., Laabs, V., Aeckersberg, R., Scherer, H. W., Moeller, A., & Amelung, W. (2012). Physical activation of biochar and its meaning for soil fertility and nutrient leaching - a greenhouse experiment. *Soil Use and Management*, 28(2), 177-184.
- Cao, X., & Harris, W. (2010). Properties of dairy-manure-derived biochar pertinent to its potential use in remediation. *Bioresource Technology*, 101(14), 5222-5228.

- Eykelbosh, A. J., Johnson, M. S., de Queiroz, E. S., Dalmagro, H. J., & Couto, E. G. (2014). Biochar from Sugarcane Filtercake Reduces Soil CO₂ Emissions Relative to Raw Residue and Improves Water Retention and Nutrient Availability in a Highly-Weathered Tropical Soil. *PLoS ONE*, 9(6).
- Glaser, B., Haumaier, L., Guggenberger, G., & Zech, W. (2001). The 'Terra Preta' phenomenon: a model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88(1), 37-41.
- Houben, D., Evrard, L., & Sonnet, P. (2013). Mobility, bioavailability and pH-dependent leaching of cadmium, zinc and lead in a contaminated soil amended with biochar. *Chemosphere*, 92(11), 1450-1457.
- Lehmann, J., Gaunt, J., & Rondon, M. (2006). Bio-char Sequestration in Terrestrial Ecosystems – A Review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11(2), 395-419.
- Li, X. M., Shen, Q. R., Zhang, D. Q., Mei, X. L., Ran, W., Xu, Y. C., & Yu, G. H. (2013). Functional Groups Determine Biochar Properties (pH and EC) as Studied by Two-Dimensional C-13 NMR Correlation Spectroscopy. *PLoS ONE*, 8(6).
- Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Kinyangi, J., Grossman, J., O'Neill, B., . . . Neves, E. G. (2006). Black Carbon Increases Cation Exchange Capacity in Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70(5), 1719-1730.
- Morales, M. M., Comerford, N., Guerrini, I. A., Falcao, N. P. S., & Reeves, J. B. (2013). Sorption and desorption of phosphate on biochar and biochar- soil mixtures. *Soil Use and Management*, 29(3), 306-314.
- Ohsowski, B. M., Klironomos, J. N., Dunfield, K. E., & Hart, M. M. (2012). The potential of soil amendments for restoring severely disturbed grasslands. *Applied Soil Ecology*, 60(0), 77-83.
- Ulyett, J., Sakrabani, R., Kibblewhite, M., & Hann, M. (2014). Impact of biochar addition on water retention, nitrification and carbon dioxide evolution from two sandy loam soils. *European Journal of Soil Science*, 65(1), 96-104.
- Yao, Y., Gao, B., Chen, H., Jiang, L., Inyang, M., Zimmerman, A. R., . . . Li, H. (2012). Adsorption of sulfamethoxazole on biochar and its impact on reclaimed water irrigation. *Journal of Hazardous Materials*, 209–210(0), 408-413.
- Zhao, X.-r., Li, D., Kong, J., & Lin, Q.-m. (2014). Does Biochar Addition Influence the Change Points of Soil Phosphorus Leaching? *Journal of Integrative Agriculture*, 13(3), 499-506.